

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

AG

PUBLICATION NUMBER

PUBLICATION DATE

06289178

18-10-94

APPLICATION DATE

31-03-93

APPLICATION NUMBER

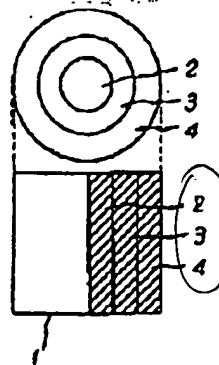
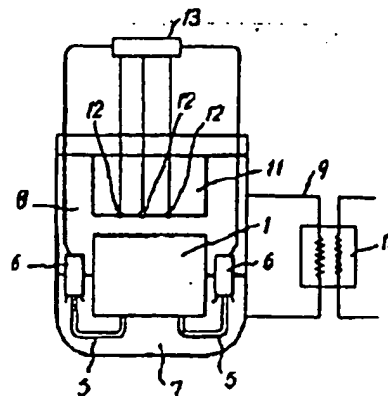
05074248

APPLICANT : TOSHIBA CORP;

INVENTOR : MORIKI YASUYUKI;

INT.CL. : G21C 15/247 G21D 3/08

TITLE : LIQUID METAL COOLED NUCLEAR REACTOR



IPD
OC
Abstract

ABSTRACT : PURPOSE: To adjust the necessary flow rate so that the reactor core outlet temperature is set within an already set temperature range by arranging an electromagnetic pump for exclusive use in each flow rate region, and carrying out the flow rate distribution of the coolant in the reactor core.

CONSTITUTION: Tripartite flow rate regions 2, 3, and 4 of a reactor core 1 are connected with an electromagnetic pump 6 for exclusive use by a cooling material pipe 5. The cooling material which is sucked from a lower part plenum 7 by the center return type pump 6 flows into the regions 2-4, passing through a pipe 5, and reaches an upper part plenum 8. The cooling material in a heated state exchanges thermal energy in an intermediate heat exchanger 10, passing through an outlet pipe 9, and returns to the plenum 7. A detector 12 measures the cooling material outlet temperature in the regions 2-4, and an automatic controller 13 for the flow rate of an electromagnetic pump which receives the above-described temperature signal automatically controls the pump 6. Further, the pump 6 can adjust the pump flow rate even by the operation of an operator in an outside operation control room. Accordingly, each flow rate in the regions 2-4 is adjusted to an optimum state according to the combustion, and the operation efficiency can be improved.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-289178

(43)公開日 平成6年(1994)10月18日

#6.

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 2 1 C 15/247	G D F	8607-2G		
G 2 1 D 3/08	G D K H	9117-2G		
	B	9117-2G		

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平5-74248

(22)出願日 平成5年(1993)3月31日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 清 水 武 司

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会
社東芝研究開発センター内

(72)発明者 飯 田 正 明

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会
社東芝研究開発センター内

(72)発明者 森 木 保 幸

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会
社東芝研究開発センター内

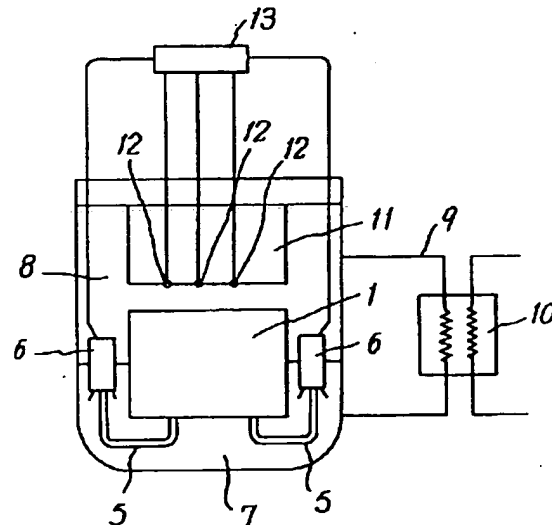
(74)代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

(54)【発明の名称】 液体金属冷却型原子炉

(57)【要約】

【目的】 複雑な流量調節機構をなくし、炉心出口温度が予め設定された温度範囲に調整し得るようにすること。

【構成】 炉心1を複数の冷却材流量領域に分け、各流量領域毎に専用の電磁ポンプ6を配置し、炉心における冷却材流量配分を行なうようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 炉心を複数の冷却材流量領域に分け、各流量領域毎に専用の電磁ポンプを配置し、炉心における冷却材流量配分を行なうようにしたことを特徴とする、液体金属冷却型原子炉。

【請求項2】 各流量領域の炉心出口温度を検出する温度検出器を設け、各炉心出口温度信号によって対応する電磁ポンプの流量を制御し、炉心出口温度が予め設定された温度範囲になるようにしたことを特徴とする、請求項1記載の液体金属冷却型原子炉。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、原子核の分裂反応で発生する熱エネルギーを液体金属冷却材により原子炉炉心外に取り出して発電等に利用するための液体金属冷却型原子炉に関する。

【0002】

【従来の技術】 原子核の分裂反応により発生する熱エネルギーを取り出して利用する従来型の液体金属冷却型原子炉では、複数の熱交換器と原子炉炉心の間に複数の循環回路を構成し、各循環回路毎に主循環ポンプと呼ばれる機械式ポンプまたは、電磁ポンプを設置し、これにより、液体金属を循環させて、炉心で発生する上記熱エネルギーを熱交換器へ運び発電等に利用するための炉心冷却系が設けられており、また、その寿命中に十分な炉心冷却性能を保ち、燃料、その他の炉心構成要素の健全性を損なわないよう、炉心内の各流量領域に適切な流量を配分するための複雑な流量調節機構が設けられている。この流量調節機構は、燃料の燃焼に応じて、また燃料交換に応じて変化する炉心熱出力の時間的、空間的な変化を考慮し、運転期間中に必要な最大限の炉心冷却材流量を予め確保できるように設計されている。

【0003】 すなわち、炉心核設計に密接に関連して、炉心冷却材流量配分評価が行なわれ、十分な裕度を予め設定した炉心流量配分機構が設計される。しかし、従来の流量調節機構は運転中に冷却材流量配分を変更することができないため、炉心冷却材流量の最適化には限界がある。また、燃料交換時期、炉心燃料構成の変更には炉心流量調節機構の設計変更が必要となり、多大の経済的コストがかかるため、既存原子炉の運用、利用形態の変更は容易には行なえない。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上述したように、従来の液体金属冷却型原子炉では、主循環ポンプにより液体金属冷却材を循環させ、原子炉炉心の冷却を行なう炉心冷却系と炉心流量調節機構が設けられており、炉心内の各流量領域に適切な流量を配分できるように構成されている。そして、一般にこのような原子炉では、運転中に炉心内の配分流量を調整する事が困難なため、炉心燃料の燃焼に伴って炉心内の熱出力分布が変化しても、冷却

可能なように炉心内配分流量は十分な裕度を取って設計されている。しかしながら、このような原子炉においても、さらに開発コストおよび保守コストの低減、運転効率の向上が望まれている。

【0005】 本発明は、かかる従来の事情に対処してなされたもので、従来のような複雑な流量調節機構を無くし、炉心流量領域毎に機械式ポンプに較べ保守性が良く、独立した電磁ポンプを設置し、運転中、流量領域毎の炉心出口温度を検出し、その信号に応じて、上記電磁ポンプを制御し、炉心出口温度が、予め設定された、燃料、その他の炉心構成要素の健全性を損なわない条件を満足する温度範囲になるように、上記流量領域毎の必要流量を自動的に調整する機構を設けた原子炉を提供しようとするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明は、炉心を複数の冷却材流量領域に分け、各流量領域毎に専用の電磁ポンプを配置し、炉心における冷却材流量配分を行なうようにしたことを特徴とし、また原子炉運転中に各電磁ポンプの流量を、炉心出口温度検出器からの信号に応じて自動的に調整することにより、上記領域の流量を炉心燃料の燃焼に応じて最適に調整できるようにしたことを特徴とする。

【0007】

【作用】 複数の分割された各流量領域毎に設けられた電磁ポンプをそれぞれ制御することにより、各領域に適した冷却材流量配分とすることができる。さらに原子炉運転中に、炉心出口温度を検出し、その信号によって電磁ポンプを自動的に制御することにより、上記領域の流量を最適に調整し、燃料設計の裕度を低減し、燃料の有効利用を図り、かつ運転効率を向上させることができる。

【0008】 また、本発明で採用した電磁ポンプは、機械式ポンプに較べ流動抵抗が少なく、また、炉心流量調節機構の流動抵抗が無くなるため、ポンプ停止に到る事故後の炉心の崩壊熱除去に利用できる冷却材の浮力を駆動力とする自然循環に於て、より多くの循環流量を確保することができる。電磁ポンプでは、慣性の大きな機械式ポンプに較べ、上記事故直後の流量低下が著しいが、超伝導コイル等を利用した電力蓄積装置と組み合わせることによって、炉心の健全性を保持するために必要な流量減衰条件を得ることは可能である。

【0009】

【実施例】

実施例1

以下、本発明の構成を液体金属冷却型原子炉に実施した一例として、図1及び図2を参照して説明する。

【0010】 図2は、原子炉炉心1の内部の流量領域の分割例を示すもので、本実施例では、炉心領域を同心円状の3領域（符号2～4）に分割した。この実施例は、従来の炉心設計を参考にしたもので、流量領域2、3、

3

4は各々、内側炉心、外側炉心、径ブランケット燃料部に対応する。図1は、炉心冷却系の系統構成を示すもので、図において符号1は原子炉炉心であり、その炉心1の3つに分割された各流量領域は、冷却材配管5で、専用の電磁ポンプ6に接続されている。この実施例では、センターリターン型の電磁ポンプを使用しており、下部プレナム7から電磁ポンプ6に吸い込まれた冷却材は、配管5を通して、炉心の各流量領域2、3、4に流れ込み、上部プレナム8に到る。この加熱された冷却材は、出口配管9を通して中間熱交換器10で熱エネルギーを交換し、下部プレナム7に戻る。

【0011】炉上部機構11には、各流量領域の冷却材出口温度を計測する検出器12が設けられ、その信号は電磁ポンプ流量自動制御装置13に接続され、各電磁ポンプ6を自動的に制御するように構成されている。また、各電磁ポンプは、外部の運転制御室に接続されていて運転員の操作によってもポンプ流量を調整できるようになっている。

【0012】上記構成のこの実施例の液体金属冷却型原子炉では、各電磁ポンプを、原子炉運転中に炉心出口温度検出器12の信号に応じて自動的に制御することにより、上記流量領域2~4の流量を、燃焼に応じて最適に調整し、運転効率を向上させることができる。

【0013】実施例2

本発明を、100万Kweクラスの大型高速炉に適用した実施例を以下に示す。炉心流量領域は、内側炉心14、外側炉心15と径ブランケット16の3領域とした。

【0014】通常の原子炉は、1サイクルの運転期間が12カ月から15カ月である。この運転期間中に燃料集合体の出力はできるだけ変化が小さい方が冷却材の流量配分上好ましい。しかしながら、燃料集合体出力は燃焼に伴い変化している。

【0015】図3に、本実施例における1サイクルの集合体出力の変化、すなわち、サイクル初期から、サイクル末期における燃料集合体出力の変化を示す。図中の数字は、サイクル初期とサイクル末期の集合体出力比である。図中に示したように、サイクル末期の炉心燃料集合体（内側炉心14と外側炉心15）の出力はサイクル初期に較べて最大で約-10%~約+20%の変化をしている。平均的には、集合体出力は、内側炉心14で増し、外側炉心15で減少しているため、外側炉心の余分な冷却材を内側炉心部に割り当てることにより炉心出口温度をより平坦化でき、必要な炉心流量を低減できる。

【0016】この流量低減率を以下に概算する。流量配分条件を、各流路の最大出力集合体の出口温度が同一になるように設定するものとする。すなわち、最大出力集合体の出力に概略比例した流量配分を仮定する。この設計条件では、内側炉心出力で+19%（サイクル末期）、外側炉心で0%（サイクル初期）、径ブランケッ

4

ト領域で+61%（サイクル末期）の出力増加を見込んだ流量配分が行なわれる。本発明の機構を使い、運転中に流量調整を行なうことにより、炉心燃料集合体とブランケット燃料集合体の初期出力比を10:1として、サイクル初期で約10%、サイクル末期で約3%の炉心流量が削減できる。

【0017】一方、径ブランケット燃料部16に於いては、U238の中性子吸収によりPu239が生成され、燃焼に伴い出力は大幅に増大する。すなわち、径ブランケット燃料集合体においては、図3の出力変化の例から、サイクル末期の径ブランケット燃料集合体の出力はサイクル初期に較べて最大で約60%の変化をしている。また、燃料装荷直後と燃料取り出し直前の集合体出力変化は、図3の出力変化から換算すると約3倍から4倍となる。このことから、本実施例で採用した3流量領域の内、径ブランケット燃料集合体領域に於いては、各燃料交換バッチ毎に流量領域を設定して、常に適切な流量を確保することも有効である。

【0018】実施例3

本発明の、他の実施例として、径ブランケット燃料を長期間、無交換使用の原子炉（電気出力15万Kweの小型FBR）について以下に説明する。

【0019】炉心燃料部分とは独立に、径ブランケット燃料部分にナトリウム流量の制御可能なポンプを設置することにより、径ブランケット燃料を長期にわたり炉内に滞在させ、原子炉の全出力を上昇させる事ができる。すなわち、炉心燃料（炉心部+軸ブランケット部）の全出力は、初期炉心より、その出力を変えずに原子炉を運転でき、かつ径ブランケットに含まれるU238の中性子照射により生成されるPu239等の核種の核分裂により径ブランケットの出力は上昇するので、径ブランケットを交換せずに炉内に連続して滞在させると原子炉の全出力は上昇する。この出力上昇の様子を図4に示す。

【0020】この図は、電気出力15万Kweの小型FBRの場合を示しており、10年間径ブランケットを交換せずに原子炉を運転すると原子炉全出力は約25%上昇することを示している。10年間連続照射された径ブランケットの最大出力密度は炉心燃料（平均）の1/3程で低く、また中性子フルーエンスは約 $3 \times 10^{23} \text{ nvt}$ で、ほぼ炉心燃料と同程度であるので、径ブランケットの10年間連続照射は通常の炉心出力密度をもった炉心において可能と考えられる。また、径ブランケットの材質を酸化物から金属および窒化物に変えると原子炉出力は更に数%上昇する。径ブランケット長期間無交換使用の原子炉は、以下に示すような原子炉に使用されると思われる。すなわち、小型原子炉（モジュラータイプ）が複数基で1ユニットを構成し、そのユニット内では、蒸気発生器、タービン等は共用とし、このユニットが同一サイト内に複数あり、ユニット間では冷却材および水蒸気等の移送が可能な原子炉体系に対してである。何故

5

かと言うと、原子炉は炉心燃料交換のため停止することが定期的にあるため、ある原子炉の停止中には蒸気発生器およびタービンの能力に空きが生じ、その空きを径ブランケット出力上昇で補うことができ、そのサイト内の原子炉体系全体の稼働率をあまり下げないで済ますことができる。大型炉一基の場合は径ブランケット出力上昇に対して蒸気発生器、タービン等の設備能力を当初より備えておかねばならず、径ブランケットの出力が十分上昇するまではそれらの設備の稼働率が落ちてしまうからである。

【0021】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の原子炉によれば、複雑な炉心流量調節機構を削除することにより開発コストが低減でき、その代替として配置した、機械式ポンプに較べて保守コストの低い、各流量領域毎の専用電磁ポンプを原子炉運転中に外部の運転員が操作することにより、または炉心出口温度を検出し、その信号によって自動的に制御することにより、上記領域の流量を最適に調整し、運転員の作業を簡単化でき、運転効率を向上させることができる。

【0022】また、機械式ポンプに較べ流動抵抗の少ない電磁ポンプを採用し、また複雑な炉心流量調節機構が無いため冷却系全体のシステム圧損を低減でき、自然循環時の循環流量を従来の原子炉に較べて多く確保でき、

6

原子炉の安全性の向上も図れる。

【0023】本発明に基づく、径ブランケット長期間無交換使用の原子炉では、小型原子炉（モジュラータイプ）複数基で1ユニットを構成することにより、定期的な燃料交換、検査を含めてシステム稼働率の最適化を図ることができ、かつ、径ブランケット燃料を長期間交換しなくてすむため、原子炉の運用コストが低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】炉心冷却系の系統構成図。

10 【図2】流量領域構成図。

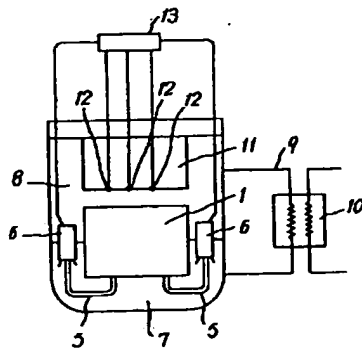
【図3】サイクル初期とサイクル末期の集合体出力変化を示す図。

【図4】径ブランケット燃料無交換の場合の原子炉出力の変化線図。

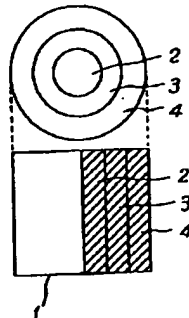
【符号の説明】

- 1 原子炉炉心
- 2, 3, 4 流量領域
- 5 配管
- 6 電磁ポンプ
- 7 下部プレナム
- 8 上部プレナム
- 10 中間熱交換器
- 12 温度検出器
- 13 電磁ポンプ流量自動制御装置

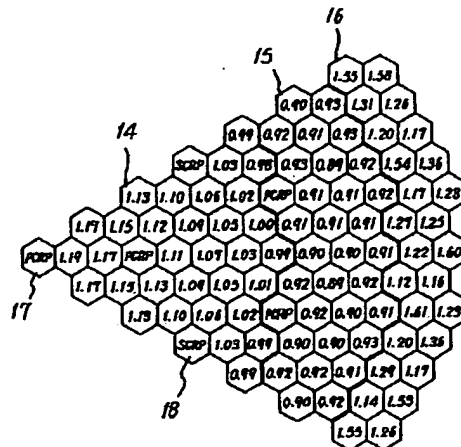
【図1】



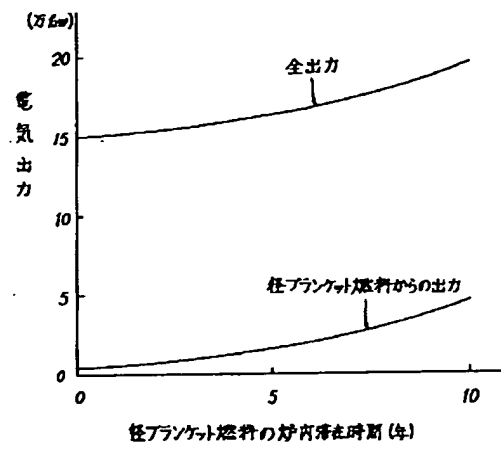
【図2】



【図3】



【図4】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.